

## BAB II LANDASAN TEORI

Kajian penelitian oleh Rachmad Ikhsan dan Syukriyadin dengan judul studi kelayakan pembangunan pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) di TPA kota Bandar Aceh. Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan kelayakan dibangunnya suatu pembangkit listrik tenaga sampah di daerah TPA Gampong Jawa Banda Aceh. Metode yang digunakan yaitu metode *least cost* digunakan untuk menghitung nilai ekonomi berupa nilai NPV, ROI, BCR, PP. Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan besar potensi gas yang dihasilkan 1.992.533 m<sup>3</sup>/tahun dan energi listrik yang dihasilkan adalah 15.065.010 kWh dan daya listrik yang dihasilkan 1,7 MW, sedangkan nilai NPV = Rp. 18.607.329.579, IRR = 24%, BCR = 3,73 dan juga nilai PP = 4,01 Tahun, sehingga dari hasil tersebut proyek pembangunan PLTSa di Kota Banda Aceh dapat memenuhi kriteria kelayakan untuk dibangun. Kelemahannya adalah tidak menyebutkan tipe pembangkit yang akan di jadikan (PLTSa) serta dimensi mesin yang akan dibangun. Keuntungan dari penelitian dari Rachmad Ikhsan dan Syukriyadin, perhitungan ekonomi sangat lengkap seperti hitungan NPV, ROI, BCR, PP yang bertujuan untuk menentukan besar potensi energi listrik yang dihasilkan dan lama proses pengerjaan proyek pembangunan berkisar selama 4 tahun dengan nilai PP. perbedaan dengan penelitian sekarang adalah penelitian sekarang menggunakan metode pemilihan keputusan untuk menentukan keputusan yang terbaik dari setiap keputusan yang ada, dan juga menggunakan metode ekonomi untuk mendapatkan nilai ekonomi serta manfaat dari rancangan yang di buat.

Kajian penelitian oleh Faridha, Budi Pirngadi, Nina Konitat Supriyatna dengan judul potensi pemanfaatan sampah menjadi listrik di TPA Ciliwung Kota Serang Provinsi Banten. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi sampah menjadi listrik dari sampah yang masuk dengan melakukan survey dan pengambilan sampel di TPA Ciliwung, pemeriksaan sampel di laboratorium dan melakukan perhitungan untuk mengetahui listrik yang di hasilkan. Dari hasil penelitian diketahui bahwa sebagian besar sampah yang ada di TPA Ciliwung

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber.

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

merupakan sampah organik yaitu, 70,99% dengan jumlah sampah yang masuk sebanyak 120 ton/hari menghasilkan listrik sebesar 2,19 MW (konveksi thermo kimia) dan sebesar 1,09 MW (konveksi biokimia). Kelemahan penelitian ini adalah mendeskripsikan jenis pembangkit tipe apa yang akan di buat dan tidak ada perhitungan beban daya listrik.

Kajian penelitian oleh Safrizal dengan judul penelitian ini adalah *distributed generation* pembangkit listrik tenaga sampah (PLTSa) tipe *Incenerator* solusi listrik kota medan. Penelitian ini menjabarkan penyelesaian dampak pemanasan global, salah satunya dengan mengurangi penggunaan energi listrik berbasis bahan bakar fosil seta peningkatan pemanfaatan energi alternatif (*renewable energi*), diantaranya sampah kota. Potensi sampah kota Medan sebanyak 1812 ton/hari diperkirakan mampu membangkitkan energi listrik 21,744 MW. PLTSa terjun dengan kapasitas produksi 156,556 kWh/tahun, dengan harga jual energi listrik ke PLN Rp 1.450 per kWh, maka didapatkan penghasilan dari penjualan energi listrik Rp 227.007,360 per tahun. Potensi dapat membantu mengurangi defisit listrik sebesar  $21,744/435 \times 100 = 4,99\%$ , di PT. PLN wilayah II Sumbagut, dan juga mengatasi pencemaran lingkungan hidup akibat timbunan sampah. Penggunaan generator sinkron dengan prime mover PLTSa, mampu memperbaiki *drop* tegangan serta mampu meningkatkan keoptimalan dan keandalan jaringan distribusi tersebut. Sehingga PLTSa terjun layak untuk dikembangkan dari kajian teknis, ekonomi maupun lingkungan hidup. Kelemahan pada penelitian ini adalah tidak ada merancang pembangkit listrik, perbedaan dengan penelitian sekarang adalah tidak menganalisa aspek k3.

## 2.1 Energi

Secara sederhana, energi adalah hak yang membuat segala sesuatu disekitar kita terjadi, kita menggunakan energi untuk semua hal yang dilakukan. Energi terdapat pada semua benda: manusia, tanaman, binatang, mesin dan elemen-elemen alam (matahari, angin, air dll). Secara ilmiah energi menentukan kapasitas dimana semua objek yang ada harus melakukan tugasnya (Vries, 2010).

### 2.1.1 Sumber Energi

Ada banyak sumber-sumber energi utama dan digolongkan menjadi dua kelompok besar adalah (Vries, 2010) sebagai berikut:

1. Energi konvensional adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak diregenerasi. Sumber energi ini akan berakhir cepat atau lambat dan berbahaya bagi lingkungan.
2. Energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin dan air dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan.

Adapun manfaat energi terbarukan (Vries, 2010) sebagai berikut:

1. Tersedia secara melimpah
2. Lestari tidak akan habis
3. Ramah lingkungan
4. Sumber energi bisa dimanfaatkan secara cuma-cuma dengan investasi teknologi yang sesuai
5. Tidak memerlukan perawatan yang banyak dibandingkan dengan sumber energi konvensional dan mengurangi biaya operasional.
6. Membantu mendorong perekonomian dan menciptakan peluang kerja 'mandiri' energi tidak perlu mengimpor bahan bakar fosil dari negara ketiga.
7. Lebih murah dibandingkan energi konvensional dalam jangka panjang bebas dari fluktuasi harga dasar terbuka bahan bakar fosil.

Adapun kerugian dari energi terbarukan (Vries, 2010) sebagai berikut:

1. Biaya awal besar
2. Keandalan pasokan tergantung kondisi cuaca
3. Saat ini, energi konvensional menghasilkan lebih banyak volume yang bisa digunakan dibandingkan dengan energi terbarukan.
4. Energi tambahan yang dihasilkan energi terbarukan harus disimpan, karena infrastruktur belum lengkap agar bisa dengan segera menggunakan energi yang belum terpakai, dijadikan cadangan di negara-negara lain dalam bentuk akses terhadap jaringan listrik

5. Kurangnya tradisi dimana energi terbarukan meruakan teknologi yang masih berkembang.
6. Masing-masing energi terbarukan memiliki kekurangan teknis dan sosialnya sendiri.

Sumber energi konvensional dan terbarukan bisa dikonvensikan menjadi sumber energi sekunder, seerti listrik. Lisrik berbeda dari sumber energi lainnya dan dinamakan sumber energi sekunder atau pembawaan energi karena dimanfaatkan untuk menyimpan, memindahkan, atau mendistribusikan energi dengan nyaman dan sumber energi primer diperlukan untuk menghasilkan energi listrik.

Tabel 2.1 Sumber Energi yang Konvensional

Produk	Bensin	Solar	LPG	Batubara	Gas Alam	Uraniun
Penggunaan	Transportasi	Transportasi	Produksi Kapanasan	Produksi Listrik	Produksi	Produksi Listrik
			Industri	Produksi	Kapanasan	
		Produksi Listrik	Memasak	Kapanasan	Industri	
			Daya Gerah	Industri	Memasak	
		Solar Genset	Industri	Memasak	Bahan Baku	

(Sumber: Buku Panduan Energi Terbarukan, 2010)

### 2.1.2 Penggunaan Energi

Ada 3 sektor utama energi yang digunakan di Indonesia adalah (Vries, 2010) sebagai berikut:

1. Sektor industri  
Termasuk fasilitas dan peralatan yang digunakan untuk produksi, pertanian, pertambangan dan kontruksi
2. Sektor transportasi  
Terdiri dari kendaraan bermotor yang mengangkut orang dan barang, seerti mobil, truk, sepeda motor, kereta api, pesawat terbang dan kapal.
3. Sektor komersial  
Terdiri dari rumah tinggal, bangunan komersial seerti gedung perkantoran bertingkat, pusat perbelanjaan, usaha kecil seperti warung dan industri rumah tangga.



## 2.2 Keandalan Sistem Pembangkit Listrik

Keandalan merupakan peluang dari suatu peralatan untuk beroperasi seperti yang direncanakan dengan baik dalam suatu selang waktu tertentu dan berada dalam suatu kondisi operasi tertentu. Menurut Sulasno (2001) dikutip oleh Syahrial, (2017) Keandalan sistem listrik merupakan suatu ukuran tingkat pelayanan sistem terhadap pemenuhan kebutuhan energi listrik konsumen. Ada 4 faktor yang berhubungan dengan keandalan, yaitu probabilitas, bekerja sesuai fungsinya, periode waktu dan kondisi operasi.

Gangguan merupakan keadaan komponen jika tidak dapat melaksanakan fungsi sebenarnya akibat dari suatu atau beberapa kejadian yang berhubungan langsung dengan komponen tersebut. Ada 2 gangguan terhadap kehandalan sistem pembangkit adalah (Syahria, 2017) sebagai berikut:

### 1. Gangguan paksa

Gangguan paksa adalah gangguan yang disebabkan oleh kondisi darurat yang berhubungan langsung dengan komponen yang mengakibatkan komponen tersebut harus dipisahkan dari sistem oleh sistem proteksi secara otomatis atau manual oleh manusia

### 2. Gangguan terencana

Gangguan terencana adalah gangguan yang menyebabkan komonen yang dikeluarkan dari sitem. Hal ini bisa dilakukan untuk perawatan komponen tersebut telah direncanakan.

Keandalan sistem dibagi menjadi 2 aspek (Syahrial, 2017), yaitu:

#### 1. *Adequacy* sistem

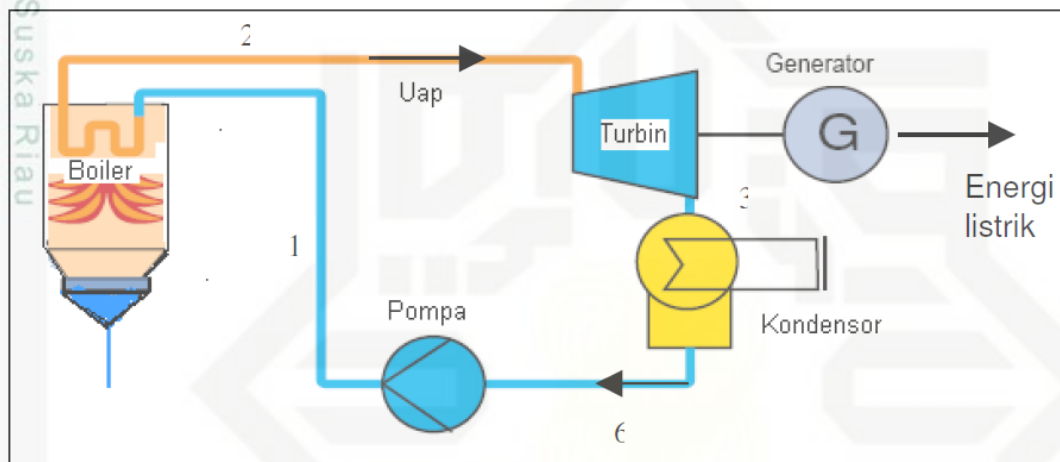
Sistem kecukupan berkaitan dengan kecukupan fasilitas yang dibutuhkan sistem untuk memenuhi kebutuhan sistem. Hal ini meliputi fasilitas pembangkit tenaga, trasmisi dan distribusi yang diperlukan untuk menyalurkan energi yang dihasilkan ke beban. Kecukupan sistem dikaitkan dengan kondisi statis dari sitem dan tidak termasuk gangguan sistem.

#### 2. *Security* sistem

Sistem keamanan berkaitan dengan kemampuan sistem untuk menanggapi gangguan yang timbul dalam sistem.

### 2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Sampah

PLTSA disebut juga sebagai pembangkit listrik tenaga sampah merupakan pembangkit listrik yang dapat membangkitkan tenaga listrik dengan memanfaatkan sampah sebagai bahan utamanya, baik dengan memanfaatkan sampah organik maupun anorganik. Mekanisme pembangkit listrik dilakukan dengan 2 cara yaitu thermal dan proses konveksi biologis. Proses konveksi thermal memanfaatkan teknologi piralis. Sedangkan proses konveksi biologis adalah dengan *Aneorob Digestion* dan Landfill gas sification (Ikhsan, 2014).



Gambar 2.1 Skema Produksi Boiler  
(Sumber: Suyamto, 200 )

### 2.3 Boiler

Boiler adalah bejana tertutup dimana panas pembakaran dialirkan ke air sampai terbentuk air panas atau steam. Air panas atau steam pada tekanan tertentu kemudian digunakan untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Air adalah media yang berguna dan murah untuk mengalirkan panas ke suatu proses. Jika air dididihkan sampai menjadi steam, volume nya akan meningkat sekitar 1.600 kali, menghasilkan tenaga yang menyerupai bubuk mesiu yang mudah meledak, sehingga boiler merupakan peralatan yang harus dikelola dan dijaga dengan sangat baik (Winanti,2006).

#### 2.3.1 Jenis-jenis Boiler

Berbagai jenis boiler yang digunakan dalam industri (Winanti,2006) adalah sebagai berikut:

1. *Fire tube boiler*

Pada boiler jenis ini, gas panas melewati pipa-pipa dan air umpan boiler ada didalam *shell* untuk menjadi *steam*. *Fire tube* boiler biasanya digunakan untuk kapasitas *steam* yang relatif kecil dengan tekanan *steam* rendah sampai sedang.

2. *Water tube boiler*

Pada jenis ini, air umpan boiler mengalir pipa-pipa dan masuk kedalam drum. Air yang tersirkulasi dipanaskan oleh pembakaran membentuk *steam* pada daerah uap dalam drum. Boiler ini dipilih jika kebutuhan *steam* dan tekanan *steam* tinggi.

3. *Fluidized bed combustion boiler*

Boiler jenis ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan sistem pembakaran yang konvensional karena rancangan boiler yang kompleks, fleksibel terhadap bahan bakar, efisiensi pembakaran yang tinggi dan berkurangnya emisi polutan yang merugikan seperti Sox dan Nox. Dapat menggunakan bahan batubara yang berkualitas rendah, limbah industri dan komersial, sekam padi, dan limbah pertanian lainnya. Kisaran suhu operasionalnya cukup luas antara 840°C-950° C dengan kapasitas antara 0,5 T/Jam sampai lebih dari 100 T/Jam.

4. *Stoker fired boiler*

*Stoker* diklasifikasikan menurut metode pengumpanan bahan bakar ke tungku dan oleh jenis *great* nya. Klasifikasi utama seperti *spreader stoker* dan *chaingate* atau *traveling gate stoker*

5. *Pulvarized fuel boiler*

Kebanyakan boiler stasiun pembangkit listrik tenaga yang berbahan batubara halus, dan banyak boiler pipa air industri yang lebih besar juga dengan menggunakan batubara halus. Teknologi ini berkembang dengan baik dan diseluruh dunia terdapat ribuan unit dan lebih dari 90% kapasitas pembakaran batubara meruakan jenis ini. Sistem ini memiliki banyak keuntungan seperti kemampuan membakar berbagai kualitas batubara

respon yang cepat terhadap perubahan beban muatan, penggunaan suhu udara pemanasan awal yang tinggi.

#### 6. Boiler pemanasan limbah

Boiler ini beroperasi dengan memanfaatkan limbah panas yang tersedia dipabrik seperti gas panas dari berbagai proses, gas buang dari turbin gas mesin diesel.

### 2.3.2 Perhitungan Boiler

Perancangan boiler, pertama menentukan tekanan yang bekerja ada struktur boiler. Untuk menentukan ketebalan pada struktur boiler harus mengetahui spesifikasi material yang akan digunakan. Struktur boiler yang akan dihitung yaitu

#### 1. Badan Boiler

Jenis boiler yang dipilih dari jenis pipa api. Boiler dari pipa api bekerja dengan pipa-pipa yang berada dalam silinder tabung. Pemanasan dihasilkan dari pembakaran kayu diruang bakar dan menyalurkan pemanas melalui pipa api. Air berada disekitar permukaan pipa api selanjutnya temperatur air naik dan menghasilkan uap air yang disalurkan dari perebusan. Boiler yang akan dirancang merupakan boiler yang disesuaikan dengan kebutuhan. Badan boiler bekerja dengan mendapatkan tekanan dari dalam, perhitungan dengan rumus (ASME *section IV* 2004:3) yaitu:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6 P} \dots\dots\dots (2.1)$$

- P = Tekanan perancangan tidak kurang dari 30 psi (200kPi)  
S = Kekuatan stress maksimum material (psi)  
t = Tebal dinding silinder (inchi)  
R = Radius dalam silinder  
E = Efisiensi sambungan pada silinder (E=1)



## 2. Pipa api

Pipa api merupakan bagian alat pengupas yang mengubah energi pembakaran menjadi energi potensial uap. Pipa api bekerja denganmnedpatkan gaya tekan dari luar sesuai dengan rumus perhitungan berikut:

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} + 0.4 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

- P = Tekanan perancangan tidak kurang dari 30 psi (200kPi)  
S = Kekuatan stress maksimum material (psi)  
t = Tebal dinding silinder (inchi)  
R = Radius dalam silinder  
E = Efisiensi sambungan pada silinder (E=1)

## 3. Tubesheet

Pipa api pada boiler digunakan dengan pemasangan yang tetap. *Tubesheet* adalah tempat untuk menopang pipa api pada boiler. Ketebalan yang dibutuhkan, maksimalkan jarak antar api yang digunakan dengan pemasangan tetap dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$T = \sqrt{\left(\frac{P}{CS}\right) + \left(P - \frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

$$P = \sqrt{\left(\frac{CS t^2}{P}\right) + \left(-\frac{\pi D^2}{4}\right)} \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

- t = Tebal dinding silinder (inchi)  
p = Maksimal jarak antar pipa api  
C = 2,7 ketebalan kurang dari 11 mm (7/16inchi)  
C = 2,8ketebalan lebih 11 mm (7/16inchi)  
P = Tekanan perancangan tidak kurang dari 30 psi (200kPi)  
S = Kekuatan stress maksimum material (psi)  
D = Diameter luar pipa (inchi)

#### 4. *Ligament*

*Ligament* adalah jarak plat antar lubang pipa api pada *tubesheet*. Pengaturan *ligament* disesuaikan dengan pola yang akan digunakan. Desain *ligament* menggunakan pola jarak yang sama pada setia baris. Efisiensi *ligament* ditentukan dengan menggunakan rumus:

$$E = \frac{\rho - d}{P} \dots\dots\dots (2.5)$$

- p = Maksimal jarak antar pipa api (inchi)  
E = Efisiensi sambungan pada silinder (E=1)  
D = Diameter luar pipa (inchi)

#### 2.3.3 Mekanisme Boiler

Sistem boiler terdiri atas sistem air umpan, sistem *steam* dan sistem bahan bakar. Sistem air menyediakan air untuk boiler secara otomatis sesuai dengan kebutuhan *steam*. Berbagai kran di sediakan untuk keperluan perawatan dan perbaikan. Sistem steam mengumpulkan dan mengontrol produksi *steam* dalam boiler. *Steam* dialirkan melalui sistem pemipaan ke titik penggunaan. Pada keseluruhan sistem, tekanan *steam* diatur menggunakan kran dan dipantau dengan alatpemantau tekanan. Sistem bahan bakar adalah semua peralatan yang digunakan untuk menyediakan bahan bakar untuk menghasilkan panas yang dibutuhkan. Peralatan yang diperlukan pada sistem bahan bakar tergantung pada jenis bahan yang digunakan pada sistem (Winanti,2006).

#### 2.4 Sampah

Sampah merupakan semua buangan yang dihasilkan oleh aktivitas manusia dan hewan yang berbentuk padat, lumpur, cair maupun gas yang dibuang karena aktivitas atau tidak diinginkan lagi. Walaupun dianggap sudah tidak berguna dan tidak dikehendaki, namun bahan tersebut kadang masih dapat dimanfaatkan kembali dijadikan bahan baku. Menurut Departemen Kesehatan (1987) dikutip oleh Damanhuri, (2010), jumlah sampah dipengaruhi oleh beberapa faktor selain aktivitas penduduk diantaranya sistem pengolahan sampah, teknologi, musim dan waktu, kepadatan penduduk, kebiasaan penduduk, tingkat sosial ekonomi serta

keadaan geografis. Berikut ini merupakan data timbulan sampah berdasarkan sumbernya

Tabel 2.2 Besar Timbulan Sampah Berdasarkan Sumber Nya

No.	Komponen Sumber Sampah	Satuan	Volume (Liter)	Berat (kg)
1.	Rumah permanen	/orang/hari	2,25 - 2,50	0,350 - 0,400
2.	Rumah semi permanen	/orang/hari	2,00 - 2,25	0,300 - 0,350
3.	Rumah non-permanen	/orang/hari	1,75 - 2,00	0,250 - 0,300
4.	Kantor	/pegawai/hari	0,50 - 0,75	0,025 - 0,100
5.	Toko/ruko	/petugas/hari	2,50 - 3,00	0,150 - 0,350
6.	Sekolah	/murid/hari	0,10 - 0,15	0,010 - 0,020
7.	Jalan arteri sekunder	/m/hari	0,10 - 0,15	0,020 - 0,100
8.	Jalan kolektor sekunder	/m/hari	0,10 - 0,15	0,010 - 0,050
9.	Jalan lokal	/m/hari	0,05 - 0,10	0,005 - 0,025
10.	Pasar	/m/hari	0,20 - 0,60	0,100 - 0,300

(Sumber: Damanhuri, 2010)

Berikut ini merupakan karakteristik sampah Damanhuri (2010) adalah sebagai berikut:

1. Karakteristik fisika seperti densitas kadar air, kadar volatil, kadar abu, nilai kalor, distribusi ukuran.
2. Karakteristik kimia: khususnya yang menggambarkan susunan kimia sampah tersebut yang terdiridari unsur C, N, O, P, H, S dan lain-lain.

Densitas sampah akan tergantung pada sarana pengumpulan dan pengangkut yang digunakan, biasanya untuk kebutuhan desain digunakan angka (Damanhuri, 2010):

1. Sampah di wadah sampah rumah: 0,01-0,20 ton/m<sup>3</sup>
2. Sampah di gerobak sampah: 0,28-0,25 ton/m<sup>3</sup>
3. Sampah di truk terbuka: 0,30-0,40 ton/m<sup>3</sup>
4. Sampah di TPA dengan pemadatan konvensional = 0,50-0,60 ton/m<sup>3</sup>

Kadar air hilang pada 105°C	Berat Basah
Volatil Hilang pada 550°C	Berat kering
Fixed Carbon Hilang pada 850°C	
Karbonat	Abu pada 550°C

Gambar 2.2 Posisi Bahan Pada Temperatur Pembakaran  
(Sumber: Damanhuri, 2010)

#### 2.4.1 Konsep Pengurangan Timbulan Sampah

Konseppengurangan timbulan sampah, terdapat 2 kelompok utama pengelompokan sampah adalah Zubair (2012) sebagai berikut:

##### 1. Pengolahan Sampah Organik

Sampah organik dapat dimanfaatkan secara langsung, tanpa melalui proses tertentu, untuk pakan ternak, khususnya sepi. Sampah organik juga dapat di proses untuk berbagai keperluan diantaranya adalah pakan ternak dan kompos.

###### a. Sampah organik untuk pakan ternak

Sampah sisa makanan diolah lebih lanjut menjadi pakan ternak. Sampah yang telah di pilah, kemudian dijadikan pakan ternak sapi. Dari sampah organik yang kebanyakan pakan ternak sapi

###### b. Kompos

Kompos adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis sebagai sumber energi. Prinsipnya semua bahan organik dapat dikomposkan.

##### 2. Pengolahan sampah anorganik

Sampah anorganik biasanya berisikan botol, kertas, plastik, kaleng, sampah bekas alat-alat elektronik dan lain-lain. Sifatnya sukar diurai oleh mikroorganisme, sehingga akan bertahan lama menjadi sampah. Sampah plastik bisa bertahan sampai ratusan tahun, sehingga dampaknya akan sangat lama. Untuk mengatasi masalah sampah anorganik dapat dilakukann dengan cara berikut:

###### a. *Reduce* (Mengurangi penggunaan)

Mengurangi sampah bisa dilakukan dengan menerapkan pola hidup sederhana dimana selalu memperhatikan hal-hal berikut:

- Menentukan prioritas sebelum membeli barang
- Mengurangi atau menghindari konsumsi barang yang tidak dapat didaur ulang oleh alam.
- Membeli produk yang tahan lama.
- Menggunakan produk selama mungkin, tidak terlalu menganut mode.



**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

b. *Reuse* ( Menggunakan ulang)

Banyak barang-barang yang setelah digunakan bisa digunakan ulang dengan fungsi yang sama dengan fungsi awal tanpa melalui proses pengolahan.

c. *Recycle* (Daur Ulang)

Daur ulang adalah salah satu strategi pengolahan sampah padat yang terdiri atas kegiatan pemilihan, pengumpulan, pemrosesan dan pembuatan produk bekas pakai. Manfaat kegiatan daur ulang adalah:

- Menghemat penggunaan energi, mengurangi hujan asam, peningkatan suhu bumi, dan polusi udara akibat proses pembakaran sampah.
- Dapat menyelamatkan sumber daya alam.
- Mengurangi polusi air, udara dan tanah.

#### 2.4.2 Teknik Pengolahan Sampah

Menurut SNI 19-2454-2002 diikuti oleh Zubair (2012) tentang teknik operasional pengolahan sampah perkantoran, secara umum teknologi pengolahan sampah dibedakan menjadi 3 metode yaitu :

1. *Open Dumping*

Dilakukan dengan cara sampah dibuang begitu saja di tempat pembuangan akhir dan dibiarkan terbuka sampai pada suatu saat TPA penuh dan pembuangan sampah dipindahkan ke lokasi lain atau TPA yang baru. Untuk efisiensi pemakaian lahan, biasanya dilakukan kegiatan perataan sampah dengan menggunakan dozer atau perataan dapat juga dilakukan dengan tenaga manusia.

2. *Controlled Landfill*

Dilakukan dengan cara sampah ditimbun, diratakan dan dipadatkan kemudian pada kurun waktu memperkecil pengaruh yang merugikan terhadap lingkungan. Ketika lokasi pembangunan akhir telah mencapai akhir usia pakai, seluruh timbunan sampah harus dengan lapisan tanah. Diperlukan persediaan tanah yang cukup sebagai lapisan tanah penutup.

### 3. Sanitary Landfill

Adalah sistem pembangunan akhir sampah yang dilakukan dengan cara sampah ditimbun dan dipadatkan, kemudian ditutup dengan tanah sebagai lapisan penutup. Hal ini dilakukan terus-menerus secara berlapis sesuai rencana yang ditetapkan.

#### 2.4.3 Mekanisme Sampah Menjadi Energi

Proses konveksi energi yang digunakan untuk menghasilkan listrik secara garis besar terbagi 2 (Ikhsan, 2014), yaitu:

##### 1. Konveksi biologis

Konveksi biologis adalah proses menggunakan bakteri perngurai sampah organik untuk menghasilkan gas metan ( $CH_4$ ) seperti degradasi biologis senyawa tersebut dirombak menjadi gas metan pada kondisi tanpa kehadiran oksigen.

##### 2. Konveksi thermal adalah proses transformasi sampah menjadi energi dengan menggunakan biogas yang dihasilkan sebagai bahan bakar.

#### 2.5 Mesin Kalor

Mesin kalor adalah mesin yang mengubah energi panas menjadi energi mekanik. Ide dasar mesin kalor adalah fakta bahwa energi mekanik dapat diperoleh dari energi termal dengan membiarkan sejumlah kalor yang mengalir dari temperatur yang tinggi ke temperatur rendah. Dalam proses ini kalir akan diubah menjadi kerja mekanik (Fendi, 2006).

Mesin kalor bekerja melalui suatu vroses siklus yang meliputi langkah-langkah (Fendi, 2006) berikut ini:

1. Kalor diserap dari reservior suhu tinggi sehingga meningkatkan energi gas pada mesin.
2. Energi dalam dikonversikan menjadi usaha mekanik.
3. Sisa energi/ kalor dialirkan ke reservior suhu rendah.

## 2.6 Siklus Carnot

Pada tahun 1824, seorang insinyur Prancis bernama Sadi Carnot (1796-1932) memperkenalkan metode baru untuk meningkatkan efisiensi suatu mesin. Metode yang menggunakan siklus yang melibatkan 2 proses isotermik dan 2 proses adiabatik. Efisiensi mesin Carnot ( $\eta$ ) merupakan perbandingan antara kerja yang dilakukan ( $W$ ) dan kalor yang diserap ( $Q_n$ ). Berikut ini merupakan perhitungan efisiensi Carnot (Fendi, 2006) adalah sebagai berikut:

$$\eta = \frac{Q_H}{Q_C} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana:

$\eta$  = Efisiensi Carnot

$Q_n$  = Suhu Rendah

$Q_c$  = Suhu Tinggi

## 2.7 Metode Benefit Cost Ratio (BCR)

Metode ini adalah metode yang sering digunakan dalam tahap-tahap evaluasi perancangan investasi atau sebagai analisis tambahan dalam rangka memvalidasi hasil evaluasi yang telah dilakukan dengan metode lainnya. Metode BCR ini memberikan manfaat (*benefit*) yang akan diperoleh dengan aspek biaya dan kerugian yang ditanggung (*cost*) dengan adanya investasi tersebut. Adapun metode BCR ini akan dijabarkan (Wior dkk, 2015) sebagai berikut:

$$BCR = \frac{\text{Benefit}}{\text{Cost}} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$BCR \geq 1$  Investasi layak (*fleasibel*)

$BCR \leq 1$  Investasi tidak layak (*Unfleasibel*)